

IDENTIFIKASI PATAHAN MANADO DENGAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI WENNER DI KOTA MANADO

Gratia Sutriska Huraju¹⁾, As'ari¹⁾, Seni H.J. Tongkukut¹⁾

¹⁾Program Studi Fisika, FMIPA UNSRAT Manado
email : gratiahuraju@gmail.com; as.ari2222@yahoo.co.id; linasyafii@yahoo.co.id

ABSTRAK

Identifikasi keberadaan patahan Manado, Sulawesi Utara di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng Kecamatan Paaldua telah dilakukan penelitian menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Wenner pada satu lokasi dengan dua lintasan pengukuran dengan panjang bentangan masing-masing 400 meter dengan spasi elektroda 20 meter. Data diolah dengan menggunakan *software* RES2DINV. Diperoleh hasil dari kedua lintasan dengan nilai resistivitas pada lintasan 1 bernilai ($\rho < 311,5 \Omega\text{m}$) dan pada lintasan 2 nilai resistivitas bernilai ($\rho < 98,8 \Omega\text{m}$). Nilai resistivitas dengan ($\rho < 311,5 \Omega\text{m}$) pada lintasan 1, dan nilai resistivitas ($\rho < 98,8 \Omega\text{m}$) pada lintasan 2 menunjukkan rekahan pada lintasan 1 terdapat pada titik bentangan ke 220-240 meter dengan kedalaman 37 meter dan terdapat pada titik ke 280-300 meter dengan kedalaman 15 meter. Sedangkan pada lintasan 2 rekahan terdapat pada titik ke 240-260 meter dengan kedalaman 15 meter.

Kata Kunci: Patahan Manado, Metode geolistrik, Konfigurasi Wenner, *Software* RES2DINV.

IDENTIFICATION OF MANADO FAULT BY USING GEOELECTRICAL METHOD RESISTIVITY CONFIGURATION OF WENNER AT MANADO

ABSTRACT

Identification of existence Manado fault, North Sulawesi at Ringroad Street, in Malendeng Village subdistrict Paaldua has been done research by using geoelectrical resistivity method configuration of Wenner in one located with measurement in two lines each others 400 meters in space electrode is 20 meters. Data processing is done by using RES2DINV software. resistivity value in the two lines show that for the first line ($\rho \leq 311,5 \Omega\text{m}$) and second line ($\rho \leq 98,8 \Omega\text{m}$). This resistivity in the first line ($\rho \leq 311,5 \Omega\text{m}$) and second line ($\rho \leq 98,8 \Omega\text{m}$) is founded already joint in first line at point 220-240 meters with depth is 37 meters and at point 280-300 meters with depth is 15 meters and second line position of joint stays at point 240-260 with depth is 15 meters.

Keywords: Manado fault, Geoelectrical method, Wenner configuration, RES2DINV software.

PENDAHULUAN

Kondisi Indonesia yang secara geografis terletak di daerah pertemuan lempeng memberikan keragaman morfologi yang banyak dipengaruhi oleh faktor geologi terutama adanya aktivitas pergerakan lempeng tektonik aktif disekitar perairan Indonesia. Hasil dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik ini akan menyebabkan terbentuknya jalur gempa bumi, rangkaian

gunungapi aktif serta patahan-patahan yang dapat berpotensi menjadi sumber gempa bumi.

Patahan merupakan struktur rekahan yang telah mengalami pergeseran. Terbentuknya suatu patahan yakni batuan-batuan yang bersifat lentur mengalami retakan dibawah kondisi tekanan yang tinggi, sehingga batuan tersebut kemungkinan terlipat sampai pada titik tertentu kemudian akan mengalami pensesaran. Sesar merupakan retakan yang mempunyai

pergerakan serah dengan arah retakannya. (Noor, 2009)

Geologi kota Manado, disisi lain sangat rumit, interaksi fisik kebumihan perlu dipelajari sehingga spekulasi prediksi kebumihan dimasa mendatang dapat diatasi (Poedjoprattjino, 2009). Untuk mengetahui kondisi struktur bawah permukaan kota Manado maka perlu dilakukan survey awal mengenai informasi keberadaan struktur bawah permukaan di kota Manado.

Survei geolistrik merupakan salah satu metode umum yang digunakan untuk mendapatkan informasi kondisi bawah permukaan tanah (Kuswanto, 2010). Metode geolistrik hambatan jenis konfigurasi Wenner dapat digunakan sebagai suatu metode yang dapat memetakan keberadaan struktur patahan bawah permukaan di kota Manado.

Metode jenis konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak antar elektroda sama panjang. Metode geolistrik konfigurasi Wenner juga bertujuan untuk menentukan distribusi harga resistivitas tanah atau batuan pada daerah patahan dalam hal ini untuk pendugaan posisi patahan yang ada di kota Manado.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan keberadaan patahan Manado dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Wenner serta dapat memberikan informasi mengenai keberadaan patahan Manado di kota Manado untuk mitigasi bencana gempa bumi.

TINJAUAN PUSTAKA

Geologi Daerah Sulawesi Utara

Kondisi stratigrafi Sulawesi Utara yang terangkum dalam peta geologi lembar Manado menunjukkan bahwa stratigrafi Sulawesi Utara tersusun oleh batuan sedimen dan endapan permukaan serta adanya material-material hasil aktivitas gunungapi berupa batuan-batuan gunungapi yang berumur tersier hingga kuartar. Material-material sedimen hingga endapan berupa alluvium, endapan danau dan sungai, serta adanya Batugamping dan terumbu maupun koral yang berumur kuartar. Sedangkan material sedimen dan endapan permukaan yang terakumulasi pada zaman tersier berupa breksi dan batupasir, dan batuan sedimen berupa batupasir kasar, *grewacke*, batugamping napalan dan batugamping.

Batuan gunungapi tersusun oleh batuan gunungapi muda, tua Tondano dan gunung Tanuwantik, batugamping Ratatotok dan adanya batuan gunungapi berupa lava dasit yang terbentuk pada zaman tersier (Effendi dan Bawono dalam Poedjoprattjino, 2009).

Kekar atau Rekahan

Kekar adalah struktur rekahan pada batuan yang paling umum dan paling banyak dipelajari serta tidak mengalami pergeseran. Kekar dapat dijumpai pada semua batuan beku dalam, sebagian besar batuan lelehan dan sedimen yang tidak mengalami gangguan tektonik dan masih lepas.

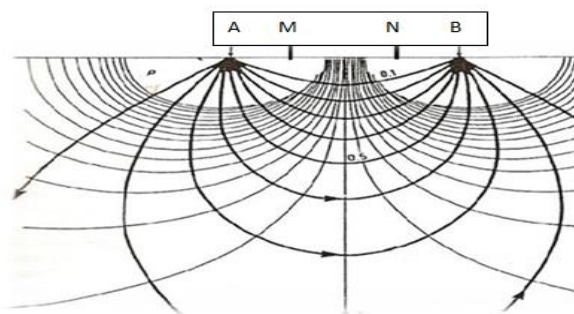
Patahan atau Sesar

Patahan merupakan struktur yang telah mengalami pergeseran sebagian massa batuan dari kedudukan semula yang diakibatkan adanya gaya yang bekerja pada batuan (Noor, 2009). Sesar adalah suatu rekahan pada batuan yang mengalami pergeseran yang sejajar dengan bidang patahan (Syamsudin dkk, 2012). Bidang sesar merupakan arah pergerakan yang terjadi disepanjang permukaan suatu sesar. Blok (bidang) yang berada diatas bidang sesar disebut dengan *hanging wall* sedangkan blok yang berada dibawah bidang sesar disebut dengan *Foot wall*. Sesar atau patahan dikelompokkan dalam 3 jenis yakni:

1. Sesar Turun (*Normal Fault*)
2. Sesar Naik (*Thrust Fault*)
3. Sesar Geser/Mendatar (*Strike-slip Fault*)

Metode Geolistrik

Metode geolistrik merupakan suatu metode dengan melakukan gangguan berupa injeksi arus listrik didalam bumi (Waluyo dkk, 2008)). Dasar dari pengukuran geolistrik adalah apabila ada arus listrik dengan sumber tunggal dialirkan ke bawah permukaan bumi dalam suatu ruang berbentuk setengah bola. Prinsip kerja metode ini adalah mengalirkan arus listrik searah atau bolak-balik berfrekuensi rendah kedalam bumi (Kuswanto, 2010).



Gambar 1. Garis arus dan medan potensial yang timbul karena adanya dua sumber arus.

Gambar 1 menunjukkan adanya arus listrik (melalui 2 buah elektroda arus AB) yang menembus lapisan batuan akan menimbulkan tegangan listrik didalam tanah yang terukur (melalui 2 buah elektroda potensial MN) yang jaraknya lebih pendek. Semakin panjang jarak elektroda AB maka akan menyebabkan arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Nilai resistivitas (tahanan jenis) yang terukur bukanlah tahanan jenis yang sebenarnya melainkan resistivitas semu (ρ_a) (Zubaidah dkk, 2008).

Resistivitas merupakan parameter yang digunakan didalam menentukan keadaan fisis bawah permukaan yang diasosiasikan dengan material dan kondisi bawah permukaan. Hasil analisis disitribusi resistivitas ini kemudian dipakai sebagai interpretasi keadaan bawah permukaan bumi (Hadi, 2009). Suatu Penggunaan metode resistivitas dapat memberikan hasil berupa penampang semu (*Pseudosection*) atau suatu penampang vertikal yang menggambarkan gambaran bawah permukaan, dengan menggunakan perangkat lunak maka dapat ditunjukkan gambaran penampang bawah dari permukaan (*true section*) yang dapat membantu dalam menginterpretasikan keberadaan sumber daya mineral, batu bara, dan patahan-patahan bawah permukaan untuk kepentingan geologi teknik.

Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Pengukuran dengan metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu metode tahanan jenis *Mapping* yang bertujuan untuk mempelajari variasi batuan secara horizontal, dimana metode ini akan memberikan keadaan dibawah permukaan bumi secara mendatar

karena dilakukan dengan jarak elektroda yang sama. Biasanya, hasil dari pengukuran jenis ini akan digunakan sebagai peta kontur berupa sebaran nilai resistivitas. Metode tahanan jenis *Sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan secara vertikal, dimana dalam pengukuran spasi elektroda (arus maupun potensial) diperbesar secara bertahap sesuai dengan konfigurasi elektroda yang digunakan (Setiawan, 2011).

Sifat Kelistrikan Batuan dan Tanah

Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan apabila dialirkan arus listrik kedalamnya (Hendrajaya dalam Nurhidayah, 2013). Menurut Telford *et al* (1982), pada batuan dan mineral aliran arus listrik dapat digolongkan menjadi 3 macam yakni:

1. Konduksi secara elektronik
2. Konduksi secara elektrolitik
3. Konduksi secara dielektrik

Aliran Listrik Di Dalam Bumi

Arus listrik *I* pada sebuah penghantar didefinisikan sebagai jumlah muatan listrik (*dq*) yang melewati penghantar per satuan waktu (*dt*), dan ditulis:

$$I = \frac{dq}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Rapat arus listrik *J* menyatakan arus listrik per satuan luas. Arah *J* sejajar dengan luas penampangnya

$$J = \frac{I}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Apabila pada suatu kawat konduktor panjang *L*, terhubung dengan potensial pada setiap kedua ujung konduktor, sehingga memberikan beda potensial *V* maka terdapat aliran muatan positif yang berasal dari potensial tinggi (*V₁*) ke rendah (*V₂*) dan menyebabkan adanya medan listrik *E*. Kuat medan listrik yang muncul di konduktor sebanding dengan *V* dan berbanding terbalik dengan panjang kawat (*L*), dalam kaitan:

$$E = \frac{V}{L} \dots\dots\dots (3)$$

Diasumsikan bumi sebagai suatu medium homogen isotropik dialiri arus listrik dengan rapat arus *J* dan kuat medan listrik *E*, maka menurut Hukum Ohm :

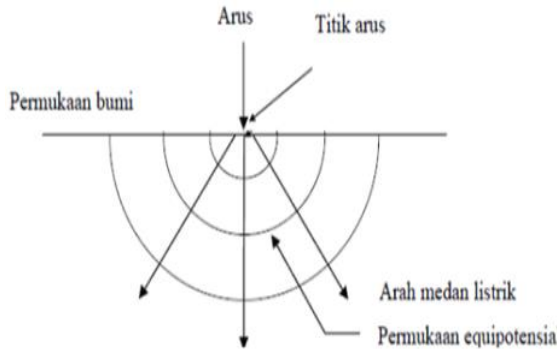
$$J = \sigma E \dots\dots\dots (4)$$

$$J = E/\rho \dots\dots\dots (5)$$

Dimana (ρ) tahanan jenis yang bersatuan ohmmeter, atau besaran konduktivitas (σ).

Apabila suatu elektroda arus ditempatkan dipermukaan bumi dengan konduktivitas nol, maka garis ekuipotensial yang terjadi akan membentuk permukaan setengah bola. Permukaan yang dialiri arus J adalah permukaan setengah bola dengan luas $2\pi r^2$, berlaku:

$$I = 2\pi r^2 J \dots\dots\dots (6)$$



Gambar 2 Potensial disekitar titik arus pada permukaan bumi.

Gambar 2 menunjukkan besarnya potensial yang diakibatkan oleh elektroda tunggal, jika panjang $L = r$ maka diperoleh persamaan:

$$V(r) = \frac{\rho I}{2\pi r} \text{ atau } \rho = \frac{2\pi r V}{I} \dots\dots (7)$$

Apabila jarak antara kedua elektroda terhitung maka potensial pada suatu titik dipermukaan dipengaruhi oleh kedua elektroda. Beda potensial pada elektroda P_1 yang dipengaruhi oleh arus C_1 dan C_2 (Gambar 2.3) adalah:

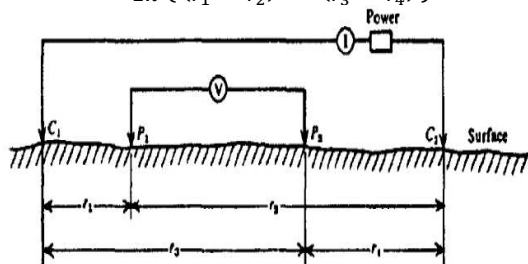
$$V_{p1} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots (8)$$

Sedangkan pada elektroda P_2 , beda potensial dipengaruhi oleh elektroda arus C_1 dan C_2 adalah :

$$V_{p2} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \dots\dots (9)$$

Sehingga untuk beda potensial 2 titik P_1 & P_2 berlaku :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\} \dots (10)$$



Gambar 3 Dua elektroda arus & Dua elektroda potensial pada medium homogen pada resistivitas ρ .

Semakin besar jarak antar elektroda menyebabkan makin dalam tanah yang dapat diukur. Beda potensial yang terjadi pada kedua elektroda potensial disebabkan oleh injeksi arus pada kedua elektroda arus, akan berlaku:

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \frac{\Delta V}{I} \dots (11)$$

Sehingga, $\rho = K \frac{\Delta V}{I}$ dengan $K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \dots\dots\dots (12)$

Dimana K adalah besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus atau disebut sebagai faktor geometri.

Resistivitas Semu

Resistivitas semu (*apparent resistivity*) yang terukur merupakan resistivitas yang dianggap sebagai satu lapisan homogen. Bentuk umum dari resistivitas semu adalah :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(13)$$

Konfigurasi Wenner

Mekanisme pengukuran yang dilakukan pada konfigurasi Wenner adalah dengan menginjeksikan arus listrik kedalam bumi melalui elektroda arus, kemudian kuat arus maupun beda potensial yang terjadi dipermukaan bumi diukur. Konfigurasi Wenner dapat digunakan untuk resistivitas mapping maupu sounding. Pada tahanan jenis mapping, jarak spasi elektroda tersebut tidak berubah-ubah untuk setiap titik pengukuran yang diamati (besarnya a tetap), dimana keempat elektroda diletakkan secara simetris terhadap titik pengukuran.

Jarak elektroda potensial P_1P_2 selalu 1/3 dari jarak elektroda arus C_1C_2 . Jika, jarak elektroda arus C_1C_2 diperlebar maka jarak elektroda potensial P_1P_2 juga diperlebar sehingga jarak kedua elektroda potensial tetap 1/3 dari jarak elektroda arus. Faktor geometri dari Konfigurasi Wenner dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$K = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)} \dots\dots (14)$$

$$K = 2\pi a \dots\dots\dots (15)$$

Software RES2DINV

Software RES2DINV (*Resistivity Two Dimension Inversion*) adalah pemodelan 2 dimensi yang dilakukan dengan menggunakan program inverse. Program ini

juga menentukan harga resistivitas semu terukur dan terhitung. Nilai resistivitas yang terukur kemudian akan menjadi awal dari proses inversi. Proses ini dilakukan secara otomatis oleh software RES2DINV. Software ini mulai dikenal luas penggunaannya untuk inverse data untuk geolistrik 2 dimensi yang dibuat oleh ilmuwan Malaysia M.H Loke yang dikenal sebagai Res2D/Res3D.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu

Pengambilan data dilaksanakan di Jalan Ringroad, Kelurahan Malendeng, Kecamatan Paaldua dengan menggunakan konfigurasi Wenner yang berlangsung dari bulan Agustus 2014-Juli 2015. Pengolahan data kemudian dilaksanakan di Laboratorium Geofisika Jurusan FISIKA FMIPA UNSRAT.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, 1 unit resistivimeter GEPS 2000, 1 unit GPS, HT, Software RES2DINV, Google Earth, Software Surfer 8. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah peta geologi.

Desain Survei

Penelitian dilakukan dengan menggunakan konfigurasi Wenner pada 2 lintasan. Panjang kedua lintasan sama yakni 400 meter, berada pada koordinat 1°28'50.32" LU dan 124°53'37.50" BT - 1°28'41.16" LU dan 124°53'29.04" BT.

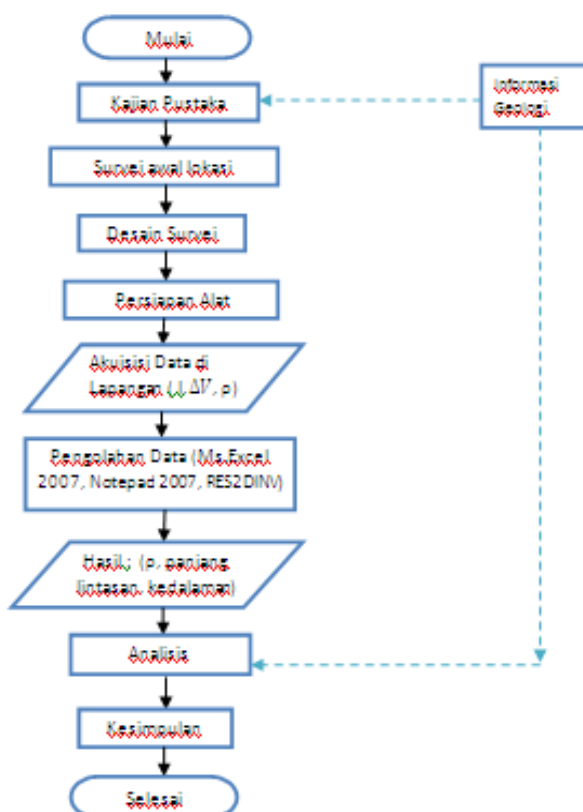
lintasan 1 berada pada koordinat 1°28'50.32" LU dan 124°53'37.50" BT. Sedangkan pada lintasan 2 berada pada koordinat 1°28'41.16" LU dan 124°53'29.04" BT. Jarak antara kedua lintasan adalah 15.6 meter.

Prosedur Penelitian

Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengukuran secara *mapping* di lapangan menggunakan konfigurasi Wenner sebagai berikut :

1. Lintasan pengukuran ditentukan pada daerah yang diteliti.



Gambar 4 Diagram alir penelitian

2. Alat yang dipakai yakni satu set resistivity meter GEPS 2000 dirangkai menurut aturan konfigurasi Wenner, dengan jarak spasi elektroda antar satu titik elektroda ke titik elektroda lainnya adalah 20 meter.
3. Injeksi arus listrik yang mengalir kedalam tanah dialirkan dengan mengaktifkan alat resistivimeter GEPS 2000.
4. Kuat arus listrik yang mengalir (I) dan beda potensial (V) yang terukur melalui dua titik elektroda selanjutnya direkam pada alat resistivimeter.
5. Pengukuran melalui dua titik elektroda selanjutnya dipindahkan untuk titik kedua, dengan mengulangi prosedur kerja 3-4. Hal yang sama juga dilakukan secara berulang untuk menyelesaikan satu lintasan.
6. Pengukuran pada lintasan kedua, dilakukan sama seperti pada lintasan pertama dengan mengulangi prosedur kerja 3-4 secara berulang.

Pengolahan Data dengan Software RES2DINV

Pengolahan data dengan menggunakan software RES2DINV dilakukan melalui beberapa tahap. Pada tahap pertama, data diolah dengan *Microsoft Excel*, yaitu dengan

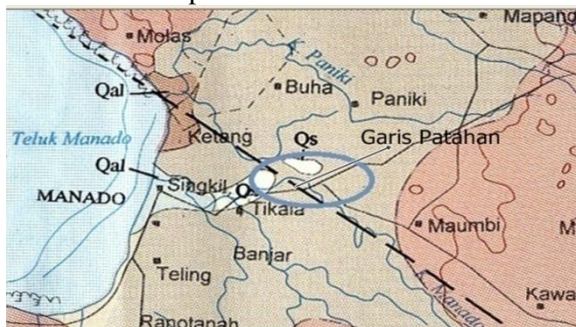
memasukkan nilai K dan nilai ρ . Tahap kedua, dibuka jendela *Excel* yang baru dan *mencopy-paste* data yang akan dimasukkan kedalam Notepad (berupa nilai datum, spasi antar elektroda dan ρ) kemudian data ini disimpan menggunakan format ekstensi *.txt*, kemudian diubah kembali kedalam bentuk ekstensi *.DAT*. Tahap ketiga adalah membuat kontur penampang nilai resistivitas dengan software RES2DINV dengan langkah-langkah kerja sebagai berikut:

1. Membuka software RES2DINV.
2. Memilih menu File pada Menu → memilih atau menklik *Read Data File* → data yang akan diolah selanjutnya dipilih → akan muncul pemberitahuan *Reading of data File Completed* → oke. Tujuan pada langkah kedua ini adalah untuk membaca file yang akan diolah.
3. Memilih *Inversion* pada menu dengan menkliknya → muncul *Carry Out Inversion*, kemudian diklik → OK. Langkah ini berguna untuk memunculkan penampang bawah permukaan nilai resistivitas tanpa data topografi. Jika ingin memunculkan penampang bawah nilai resistivitas permukaan disertai dengan data topografi, dapat menggunakan menu *Display* kemudian memilih *Display Section* → memilih *Display data and model section*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi Daerah Penelitian

Gambar 5 adalah sebagian Peta Geologi Kota Manado menunjukkan di kota Manado dilalui patahan.



Gambar 5 Peta geologi kota Manado dan garis patahan.

Gambar 6 menampilkan titik-titik pengukuran yang sudah ditentukan dengan menggunakan peta *Google Earth*.



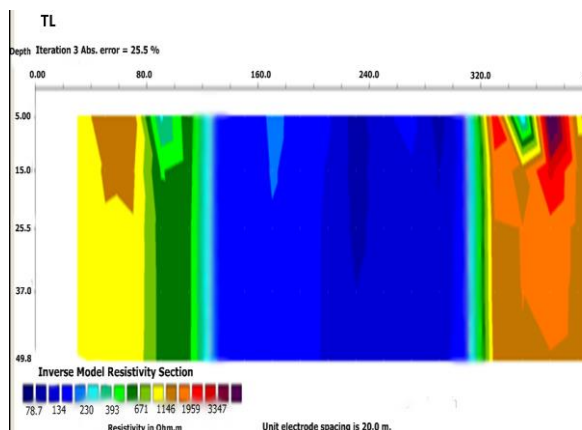
Gambar 6 Lokasi penelitian dan titik pengukuran dilihat dari *Google Earth*.

Akuisisi Data

Data geolistrik yang didapat adalah arus yang mengalir (I) dan beda tegangan yang timbul (ΔV). sehingga didapatkan harga tahanan jenisnya (ρ) serta jarak antar spasi yang menunjukkan nilai faktor geometri (K). Pada konfigurasi ini jarak antar elektroda seragam yakni 20 meter. Pengambilan data dilakukan pada dua lintasan dengan panjang lintasan masing-masing 400 meter. Data-data diatas kemudian disusun kedalam bentuk tabel dan kemudian diolah dengan menggunakan software RES2DINV.

Model Penampang Lintang Kontur Resistivitas Pada Lintasan 1

Hasil pengolahan data lintasan 1 dengan menggunakan software RES2DINV pada titik *mapping* untuk lintasan 1, dilakukan dengan mengambil lintasan sepanjang 400 meter dengan titik awal (titik 0) berada pada koordinat $1^{\circ}28'50.32''$ LU- $124^{\circ}53'37.50''$ BT dengan ketinggian 34 meter diatas permukaan laut (dpl) dan jarak spasi antar elektroda sama yakni 20 meter. Kedalaman maksimum yang diperoleh adalah 49.8 meter sehingga diperoleh hasil inversi lintasan 1 menunjukkan adanya penyebaran lapisan yang masing-masing memiliki nilai resistivitas beragam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

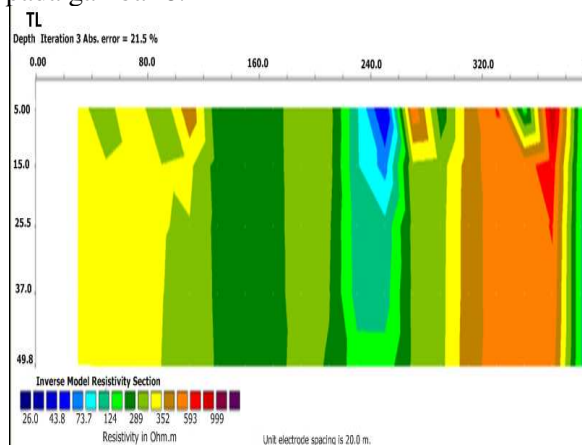


Gambar 7 Model kontur resistivitas lintasan 1

Gambar 7 menunjukkan nilai resistivitas yang diperoleh dari hasil inversi dengan software RES2DINV secara berturut-turut didapat nilai resistivitas dari harga 78,7 Ω m- 3347 Ω m, yang digambarkan dengan citra warna yang bervariasi.

Model Penampang Lintang Kontur Resistivitas Pada Lintasan 2

Pengolahan data dengan software RES2DINV untuk lintasan 2 dengan aturan secara *mapping* pada lintasan sepanjang 400 meter berada pada koordinat 1°28'41.16" LU- 124°53'37.50" BT dengan ketinggian 34 meter diatas permukaan laut (dpl) diperoleh kedalaman yang sama seperti pada lintasan 1 yakni sejauh 49,8 meter. Selanjutnya, penyebaran lapisan pembentuk batuan pada lintasan 2 untuk nilai resistivitas ditunjukkan pada gambar 8.

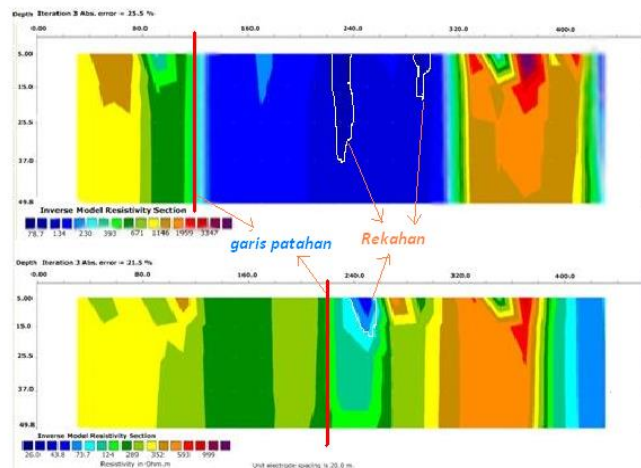


Gambar 8 Model kontur resistivitas lintasan 2

Gambar 8 menunjukkan penyebaran lapisan batuan pembentuk pada lintasan 2 diperoleh nilai resistivitas yang beragam dari harga resistivitas terendah sampai terbesar senilai 26,0 Ω m – 999 Ω m.

Analisis Patahan Pada kedua Lintasan

Gambar 9 menunjukkan suatu rekahan yang diduga terjadi pada kedua lintasan. Kondisi geologi disekitar daerah penelitian pada saat pengukuran terdapat sungai, sebagian daerah berbatu serta terdapat bukit pada lintasan 2.



Gambar 9 Rekahan pada kedua lintasan

Lintasan 1 dari gambar 4.5 menunjukkan batuan yang mengalami rekahan ditunjukkan dengan garis berwarna putih sama seperti pada lintasan 2. Rekahan yang diperoleh terdapat pada titik 220-240 meter dengan kedalaman mencapai sekitar 37 meter atau lebar rekahan masing-masing 20 meter dan pada titik ke 280-300 meter dengan kedalaman 15 meter. Batuan yang diduga telah mengalami rekahan ini kemudian ditandai dengan nilai resistivitas yang rendah atau ρ antara 78,7-134 Ω m, dengan citra warna biru tua-biru.

Pada lintasan 2 diperoleh batuan yang dianggap sebagai rekahan terdapat pada titik pengukuran elektroda ke 12 atau sekitar 240 meter-260 meter dengan kedalaman mencapai sekitar 15 meter searah dengan lintasan 1, dengan citra warna biru tua-biru muda dan nilai resistivitas rendah yang diperoleh dari hasil inversi seharga 26,0-73,7 Ω m. Dari kedua lintasan ini, kemudian diperoleh bahwa diwilayah penelitian yang dilewati oleh patahan Manado menunjukkan bahwa batuan disekitarnya telah mengalami rekahan sepanjang 20 meter.

Bidang-bidang lemah maupun batuan dengan jenis lapisan bersifat keras pada kedua lintasan diperoleh nilai ρ jenis batuan untuk lintasan 1 lapisan lunak < 311,5 Ω m <

lapisan bersifat keras, sedangkan lintasan 2 nilai ρ batuan lapisan untuk batuan sifat lunak $< 98,8 \Omega m <$ sifat batuan keras karena nilai resistivitas yang tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Adanya kesesuaian sifat batuan pada kedua lintasan yakni terdapat struktur lapisan tanah yang keras dengan nilai resistivitas yang tinggi, selanjutnya lunak karena terdapat bidang lemah dengan nilai resistivitas yang rendah, batuan kemudian bersifat keras kembali lalu menjadi lunak kembali yang diduga sebagai sifat batuan yang mengalami rekahan tarik.
2. Rekahan pada lintasan 1 ($\rho < 311,5 \Omega m$) terdapat pada titik bentangan ke 220-240 meter dengan kedalaman 37 meter dan terdapat pada titik ke 280-300 meter dengan kedalaman 15 meter. Sedangkan pada lintasan 2 rekahan ($\rho < 98,8 \Omega m$) terdapat pada titik ke 240-260 meter dengan kedalaman 15 meter.

Saran

Perlu dilakukan pengambilan data dengan memperpanjang atau menambah lintasan pengukuran sehingga didapatkan data yang lebih luas dan akurat untuk memperoleh kedalaman yang maksimum dalam melakukan pemetaan patahan manado didaerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi A.I., Roinson A., 2009. Survei Sebaran Air Tanah Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis, Konfigurasi Wenner Di Desa Banjar Sari, kecamatan Enggono, Kabupaten Bengkulu Utara. FMIPA Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Kuswanto A. 2010. Pemetaan Geologi Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik 4-D. Pusat Pengembangan Sumber Daya Mineral Kedeputian TPSA, BPPT. Jakarta.
- Noor Djauhari. 2009. [@copyrighth](#) Bab 7 Pengantar Geologi, Geologi Struktur.
- Poedjoprattjino, 2009. Evolusi Bentuk Lahan Daerah Manado dan Sekitarnya, Sulawesi Utara. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Setiyawan T., Utama W., 2011. Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Mendapatkan Bidang Patahan. Laboratorium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Telford, W.M, L.P Geldart, and Sheriff., 2004. *Applied Geophysics*. Second Edition. University of Cambridge: Cambridge University Press, London
- Waluyo, G.P., dan W. Utama . 2008. Deteksi Pola Patahan di Desa Ronokenongo Porang Sidoarjo Dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner. Laboraturium Geofisika Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Zubaidah T., Bulkis Kanata, *dkk.* 2009. Pengukuran Resistivitas Pada Daerah Dugaan Penyebab Anomali Geomagnetik Di Pulau Lombok NTB. Fakultas teknik Elektro Universitas Mataram. Mataram.